

Betriebliche Optimierung des Eisenbahnbetriebs mittels vernetzter Fahrerassistenzsysteme

Dr.-Ing. Christian Meirich, DLR

Dipl.-Ing. Leander Flamm, DLR

Prof.-Dr.-Ing. Jürgen Krimmling, INAVET

Dr.-Ing. Bärbel Jäger, DLR

Gliederung

- Funktionsweise von Fahrerassistenzsystemen
- Möglichkeiten von Fahrerassistenzsystemen
- Betriebliche Anwendungsfälle für vernetzte Fahrerassistenzsysteme
- Potentiale und Simulationsergebnisse
- Zusammenfassung

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Quelle: INAVET



Stand der Technik für Fahrerassistenzsysteme

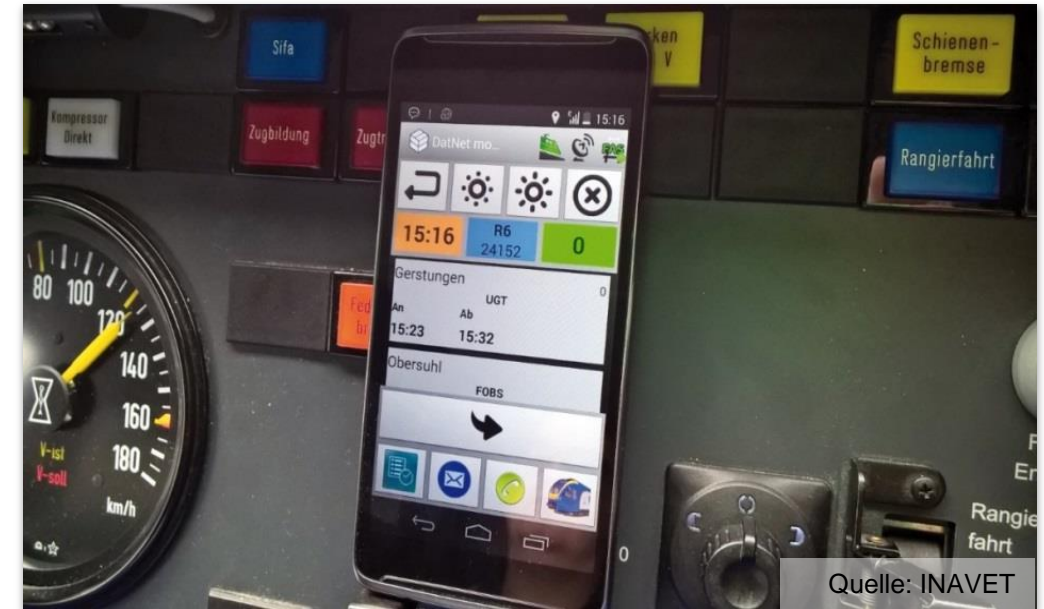


Gefördert durch:

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

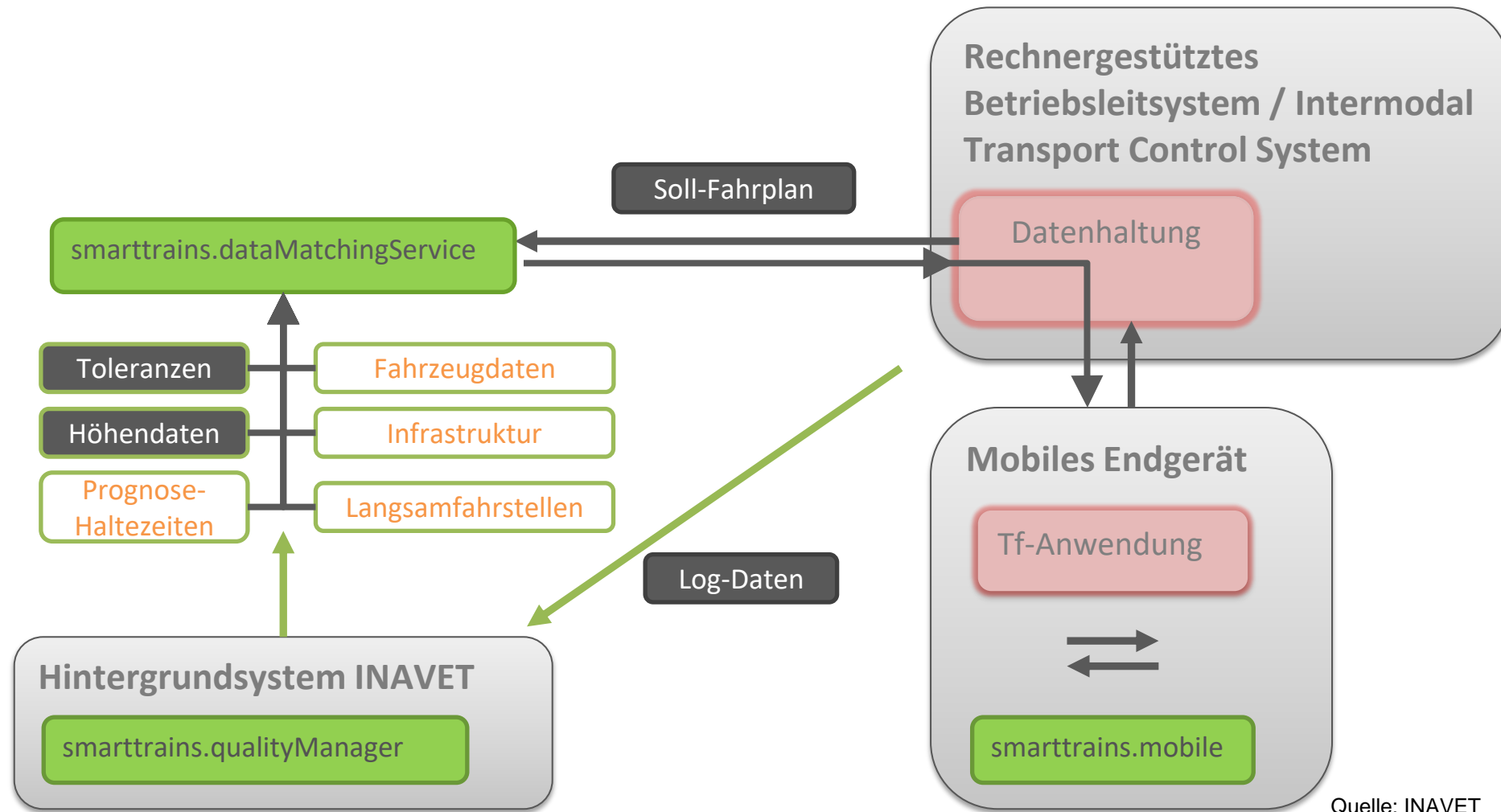
Ist-Stand Fahrerassistenzsysteme (FAS)

- Kostengünstige Möglichkeit für eine energiesparende Fahrweise (ø 5 bis 10 % Einsparungen)
- FAS haben empfehlenden Charakter
- Kein Eingriff in die Fahrzeugsteuerung oder Sicherungstechnik notwendig (Mensch als Schnittstelle)
- Optimierung erfolgt ohne exakte Kenntnis des betrieblichen Umfeldes
- Erste Ausnahme: Nachfahren der „grünen Funktion“:
Empfehlung mit Prognosedaten aus den DB-Betriebszentralen



Quelle: INAVET

Funktionsweise von Fahrerassistenzsystemen



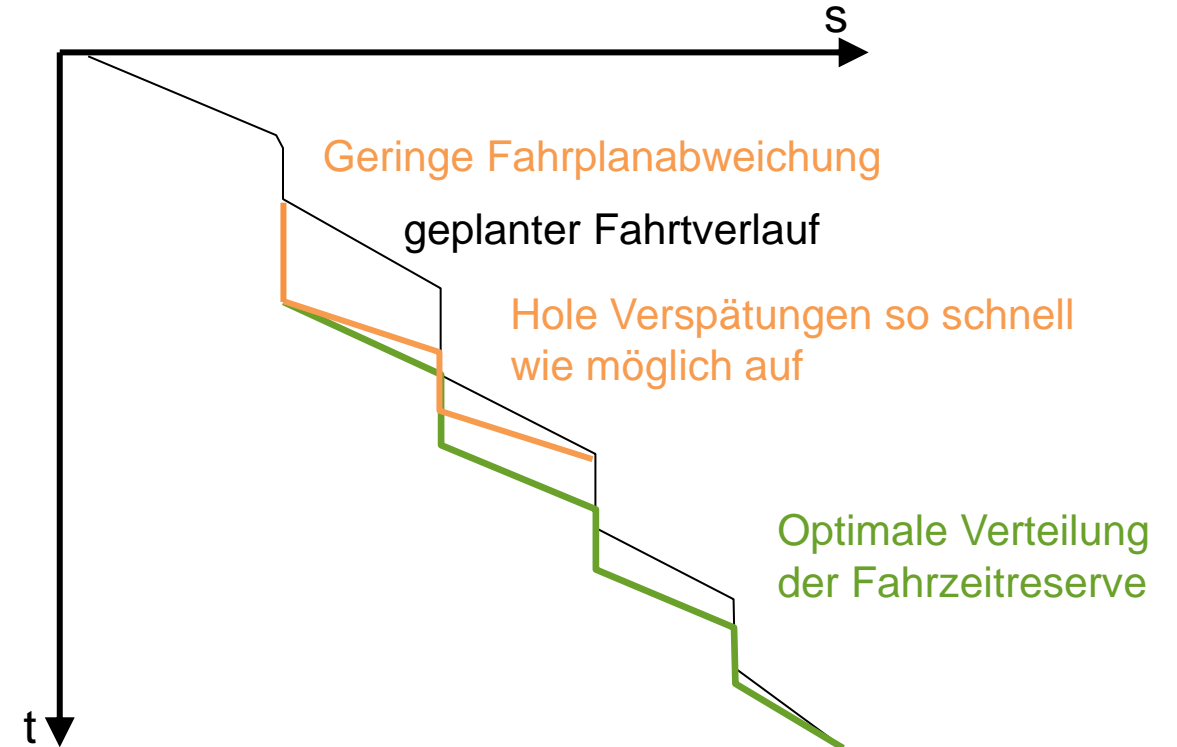
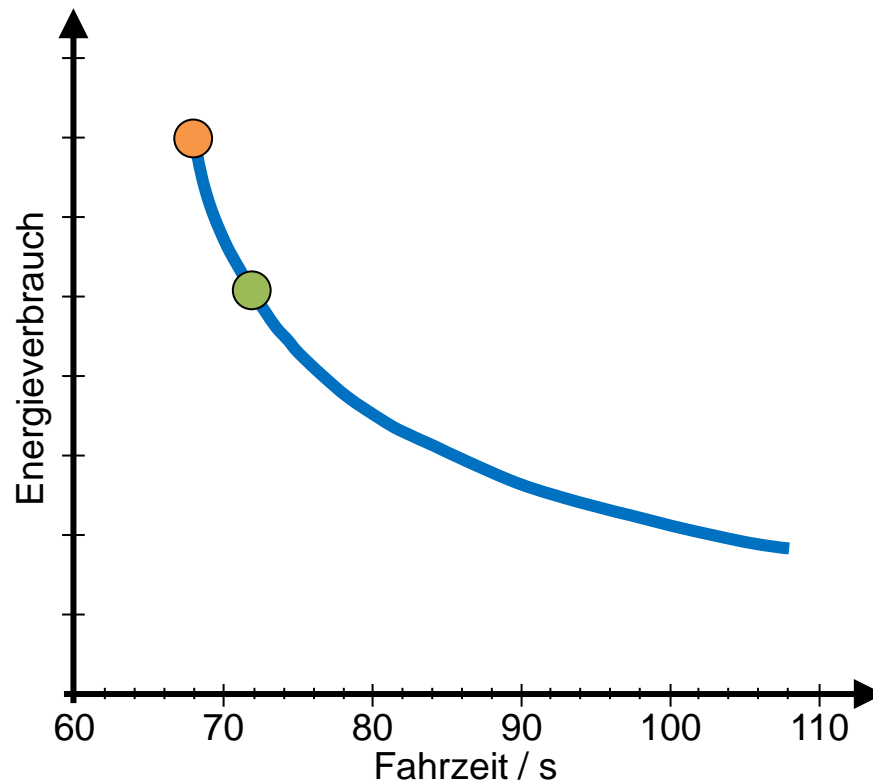
Quelle: INAVET

Funktionsweise von Fahrerassistenzsystemen



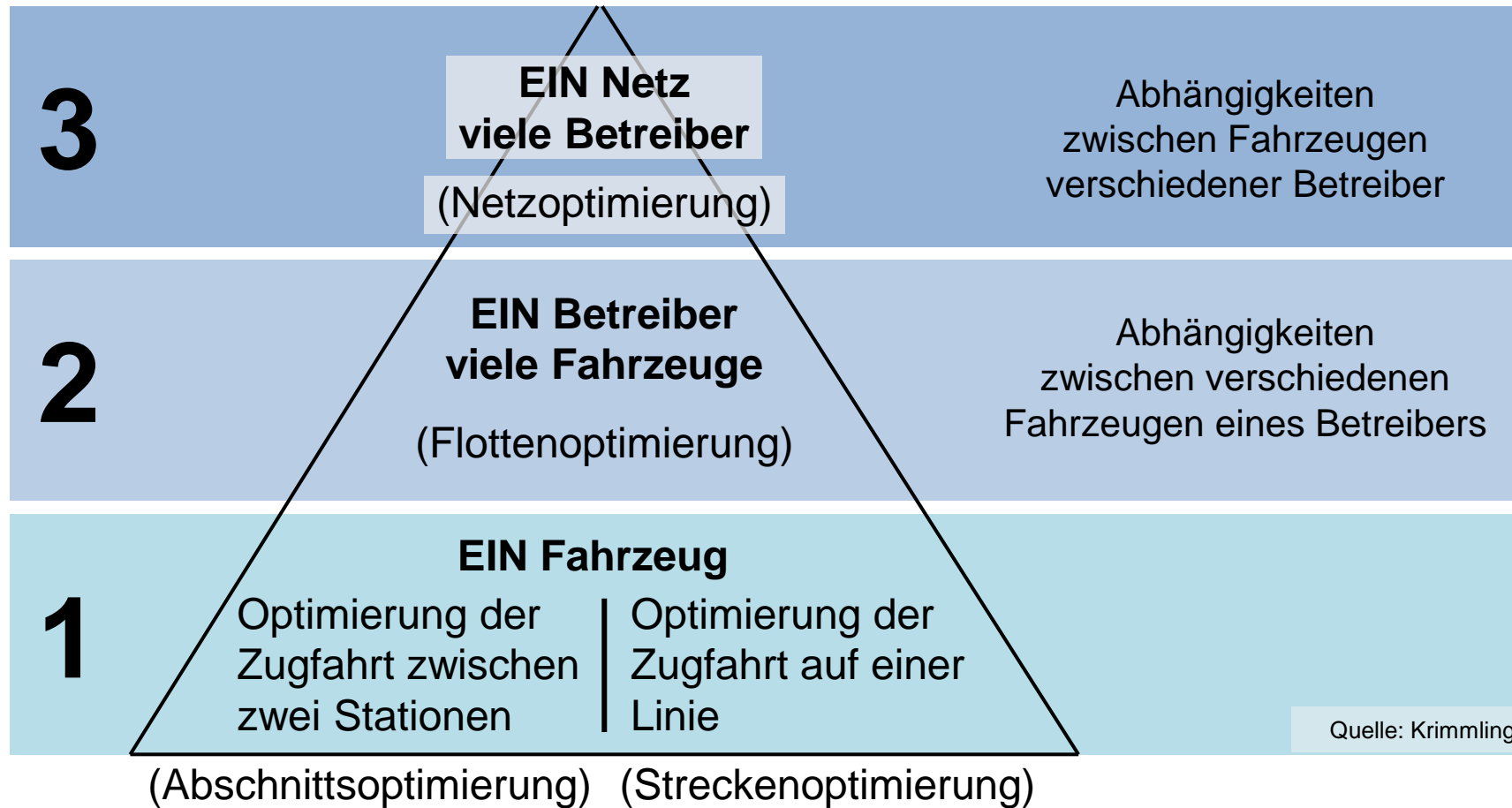
Gefördert durch:
 Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Linienoptimierung: Ermittlung der optimalen Ankunftszeit an jedem Halt



Quelle: INAVET

Optimierungsstufen bei der Entwicklung von FAS



- Optimierung kann zentral oder als fahrzeugbezogenes System erfolgen
- Datengrundlage muss einheitlich sein
- standardisierte Schnittstellen sind notwendig

Optimierungsziele

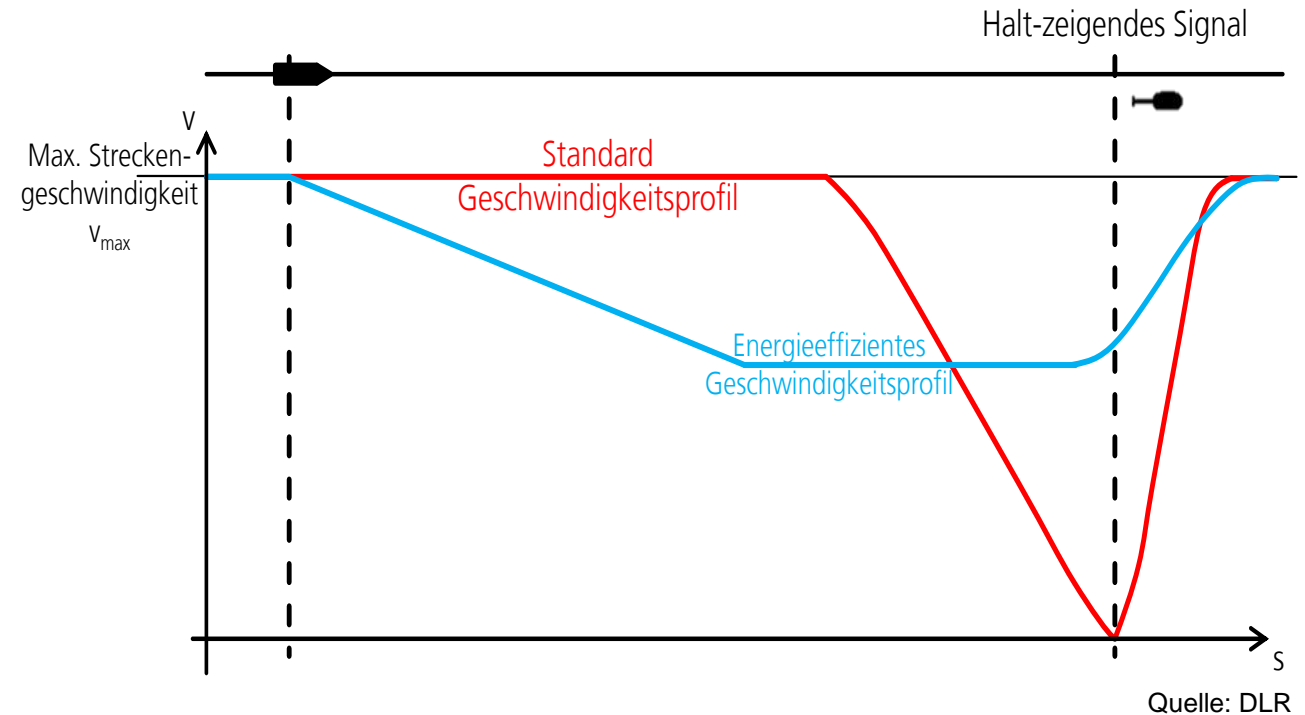
Ziele von vernetzten FAS:

- Energieverbrauch durch eine betrieblich angepasste Fahrweise verringern
- Pünktlichkeit der Zugfahrten erhöhen
- pos. Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit erreichen
- Nutzungsgrad durch höhere Akzeptanz der Triebfahrzeugführer erhöhen



Gefördert durch:
 Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Beispiel der Blockabschnittsräumung :

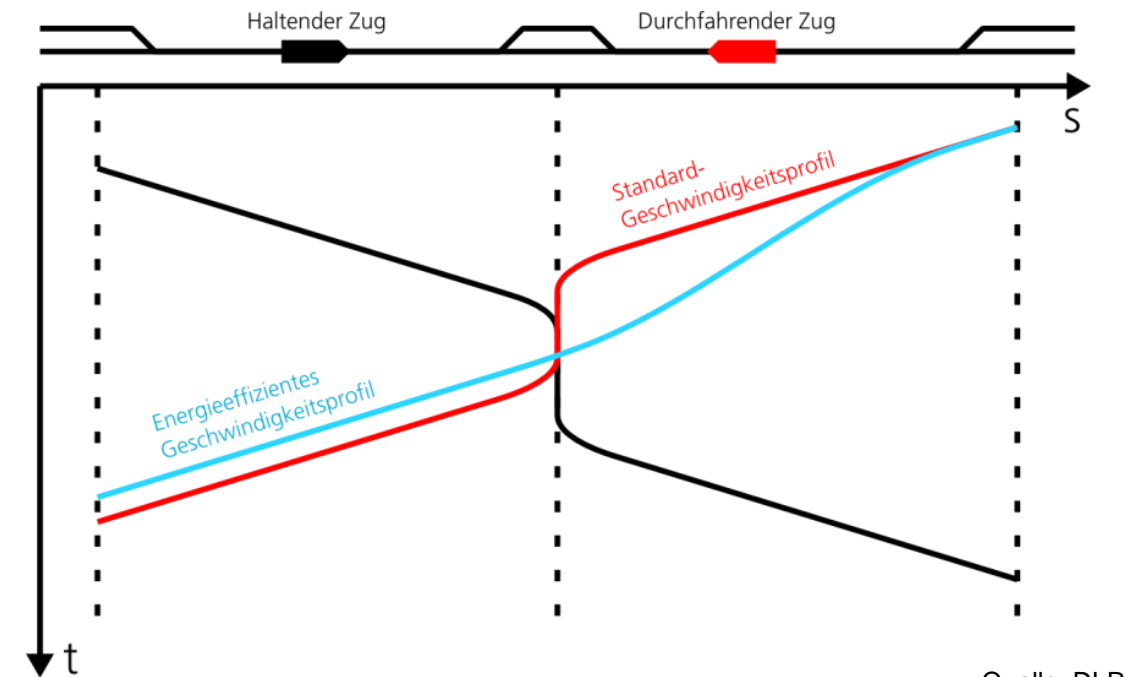


Betriebliche Anwendungsfälle für vernetzte Fahrerassistenzsysteme

Betriebliche Situationen mit häufigen Ineffizienzen ohne FAS:

- Blockabschnittsräumung
- Folgefahrt bzw. Nachfahren (über einen langen Streckenabschnitt)
- Überholungen
- Zugkreuzung (auf eingleisigen Strecken)
- Fahrstraßenausschluss

Beispiel der Zugkreuzung :



Gefördert durch:

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Betriebliche Situationen mit angestrebten Optimierungszielen



Gefördert durch:

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Betriebliche Situation	FAS	vFAS	Energiesparen	Verspätungs- abbau	Kapazitäts- maximierung
Opt. Fahrtrajektorie	X	-	X	(X)	-
Blockabschnittsräumung	-	X	X	X	(X)
Folgefahrt / Nachfahren	-	X	X	-	X
Zugüberholung	-	X	(X)	X	X
Zugkreuzung	-	X	(X)	X	-
Fahrstraßenausschluss	-	X	(X)	(X)	X

Ausschließlich mit
vernetzten Systemen
möglich

„X“ = direkter Einfluss; „(X)“ = indirekter Einfluss; „-“ = kein Einfluss



Erwartete Potenziale für den Einsatz von vernetzten FAS



Gefördert durch:

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Betriebliche Situation	worst case	best case	theor. Potenzial	Häufigkeit
Opt. Fahrtrajektorie	Verspätung / hoher Energieverbrauch	Pünktlich und energie-optimal	mittel	kontinuierlich
Blockabschnittsräumung	Zughalt	Durchfahrt mit verringerter Geschwindigkeit	hoch	oft
Folgefahrt / Nachfahren	Zughalt	Folgefahrt mit angepasster Geschwindigkeit ohne Halt	hoch	mittel
Zugüberholung	Überholter Zug muss anhalten	Fliegende Überholung mit verringerter Geschwindigkeit	mittel	selten
Zugkreuzung	Beide Züge halten	Ein Zug kann ohne Halt durchfahren	mittel	mittel
Fahrstraßenausschluss	Zughalt	Durchfahrt mit verringerter Geschwindigkeit	mittel	mittel

} Simulationen



Eingangsparameter für die Simulation der Folgefahrt



Gefördert durch:

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

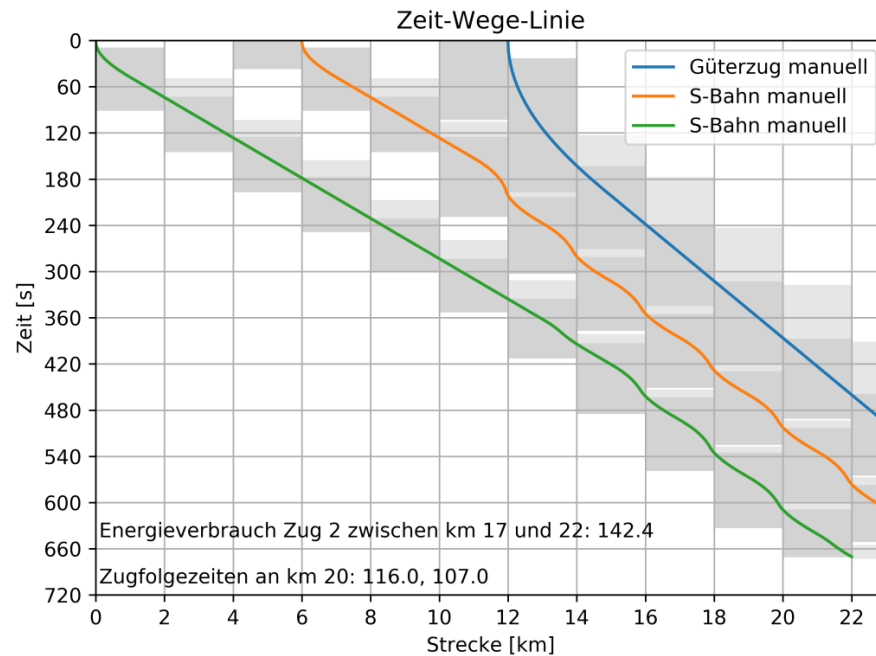
- Synchrone Simulation
- Mikroskopische Berechnung der Fahrdynamik als Masseband
- Generischer Streckenabschnitt mit 23 km Länge, Auswertung erfolgt für einen 5 km Abschnitt
- Einsatz von vernetzten FAS bzw. manueller Fahrweise
- Szenarien:
 - Zugfolge Güterzug (100 km/h) – S-Bahn (140 km/h) – S-Bahn (140 km/h) → **GSS**
 - Zugfolge Güterzug (80 km/h) – Güterzug (100 km/h) – Güterzug (100 km/h) → **GGG**

Zugtyp	Baureihe	Geschwindigkeit	Länge	Masse	Leistung
S-Bahn	BR 423 (3 mal)	140 km/h	198 m	330 t	7050 kW
Güterzug	BR 185	80 bzw. 100 km/h	428 m	1770 t	5600 kW



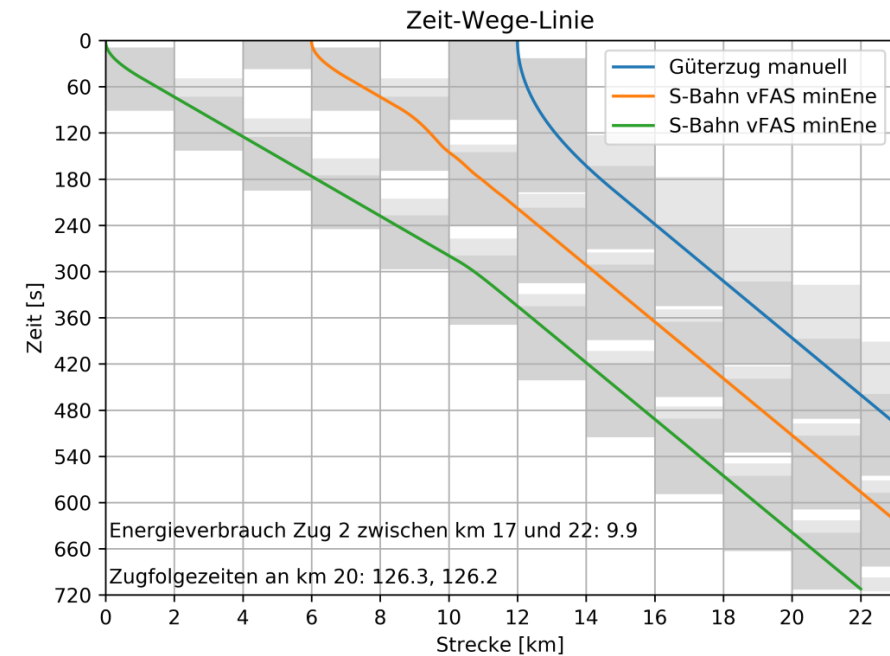
Simulationsergebnisse und Visualisierung

GSS: Manueller Betrieb (ohne FAS)



GSS	manuell	vFAS maxKap	vFAS minEne
Energieverbrauch	142,4 kWh	114,9 kWh	9,9 kWh
Zugfolgezeit	116,0 s/107,0 s	116,0 s/103,7 s	126,3 s/126,2 s

GSS: Vernetzte Fahrerassistenz (vFAS)



GSS	manuell	vFAS maxKap	vFAS minEne
Energieverbrauch	234,2 kWh	229,2 kWh	21,4 kWh
Zugfolgezeit	171,8 s/168,0 s	168,4 s/164,8 s	208,7 s/210,0 s

Zusammenfassung



Gefördert durch:
 Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

- Vernetzte FAS helfen netzweite oder flottenweite Optimierungen in komplexen Situationen durchzuführen
- Zentrale bzw. dezentrale Berechnung möglich
- Es werden standardisierte Schnittstellen und eine einheitliche Datengrundlage für den Datenaustausch benötigt
- Einer der Haupteffekte ist eine Geschwindigkeitsharmonisierung, welche eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit bewirken kann
- Lokales Maximum der Energiereduktion \neq lokales Maximum der Leistungsfähigkeit
- FAS als Migrationsschritt zu einer Automatisierung

